



## Зарубежный Опыт Применения Щебеночно-Мастичной Асфальтобетона

Курбонов С. З.

Н.И. ТГТУ, Начальник Автодорожный научно-исследовательских институт, Ташкент, Узбекистан

*Received 4<sup>th</sup> Dec 2022, Accepted 6<sup>th</sup> Jan 2023, Online 10<sup>th</sup> Feb 2023*

**Аннотация:** В статье проанализирован зарубежный опыт по применению щебеночно-мастичного асфальтобетона и полимера щебеночно-мастичного асфальтобетона. Изучены результаты научно-исследовательских работ по заполнителям щебеночно-мастичного асфальтобетона в Европе, США и странах Содружества Независимых Государств (СНГ), методы и виды испытаний.

**Ключевые слова:** Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь, Маршалл, уплотнение, остаточная пористость, конструкция, состав.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) был разработан в Германии в 1966 г. и широко применяется в дорожном строительстве с 1970 г. под названием «Сплитмастикасфальт» (СМА) [1]. После изобретения этого вида асфальтобетона стали решаться не только проблемы немецких автомобильных дорог, но и проблемы автомобильных дорог всего мира. При первом применении асфальтобетона трудно было представить образование колеи на автомагистралях под действием больших нагрузок. Причина в том, что количество автомобилей невелико, а вес большегрузных автомобилей в основном составляет 6-10 тонн на одну ось. Из-за использования большегрузного транспорта и шипованной резины в дорожном покрытии стали наблюдаться трещины и колеи. В результате борьбы с этими дефектами появился асфальтобетон нового типа щебеночно-мастичный асфальтобетон. Использование щебеночно-мастичного асфальтобетона за прошедшие годы показало положительные результаты и в 1984 году его спецификация и применение впервые были включены в немецкий национальный стандарт.

ЩМА - заполнитель стал очень популярен в Европе в качестве коррозионно-стойкого материала для покрытий автомагистралей с большой нагрузкой, аэропортов и морских портов, а в последние 20 лет - в качестве щебеночно-мастичный асфальтобетон. Соединения ЩМА также широко распространены во всем мире. Процедура расчета смеси ЩМА была разработана для обеспечения достаточно крупного скелета заполнителя и удовлетворительной объемной смеси. Согласно международному опыту и методике проектирования состава смеси важными являются следующие пять основных этапов:

1. Выбор конструкционных материалов;
2. Определение оптимальной градации заполнителя (постепенное повышение);

3. Определение количества оптимального битумного вяжущего (вяжущего);
4. Оценка потенциала асфальтобетонного вяжущего (связующего) водопереноса (дренажа);
5. Оценка влияния на влажность.

Первые ЩМА был использован в США в 1991 году, в более поздних строительных проектах отсутствовала стандартная процедура выбора смеси [2]. Процедура выбора соединения ЩМА. Методы использованные для первоначальных испытаний в США, были противоположны тем, которые применялись в Европе. ЩМА, выполненный в Висконсинском проекте 1991 года и последующих проектах, был признан успешным, хотя и не полностью проанализирован. Однако, несмотря на эти первоначальные успехи, не было установлено стандартного дизайна и тестов для оценки смеси. Таким образом, даже когда были определены характеристики ЩМА, остались вопросы, как правильно спроектировать, определить воздействие на окружающую среду и связанные с ней показатели. Причина в том, что в Германии и США не существовало четких стандартных методов проектирования. Многие практикующие специалисты в Соединенных Штатах ожидали эффективности от того или иного типа испытаний, предусмотренного разработчиками. К сожалению, не было проведено испытаний с корреляцией между физико-механическими свойствами ЩМА и эксплуатационными показателями (образование глубина от колес).

Из европейских стран в 1998 году немецкие ученые представили самую современную информацию ЩМА. В нем представлена подробная информация о выборе и подбор материалов. Подготовку и подбор опытных образцов осуществляли по методу Маршалла. Были даны общие рекомендации по градации, но не было подробностей относительно выбора структуры заполнителя. Определяют 3-4% как воздушные пустоты между оптимальным составом битумного вяжущего (остаточная пористость). В методе Маршалла не рекомендовалась стабильность и текучесть, и не требовались испытания на колейность. В Европе и США проведен ряд научных исследований по разработке смеси ЩМА и ЩМА и определению их свойств. Каждая страна разработала свой стандарт ЩМА и постаралась подобрать для себя удобный и эффективный вариант. Расчет производился по наибольшему размеру крупного наполнителя в смеси ЩМА. В странах Европы применялись смеси ЩМА от 4 мм до 22 мм. Несмотря на то, что пример ЩМА в Германии обобщает все исследования, спецификации и процедуры проектирования, другие европейские страны Чешская Республика, Дания, Франция, Венгрия, Италия, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Швеция, Великобритания и другие страны имеют свои технические требования и методы испытаний. Отчет по каждой стране представлен в таблице 2. Несмотря на рекомендации, данные учеными из Германии и США по подготовке и испытанию образцов ЩМА, наблюдались различные отличия. Каждая страна 50, 75 и 100 раз рекомендовала свои взгляды на приготовление образцов в уплотнении Маршалла, используемом в Европе, и вызвала наибольшее количество споров. Видны различия в содержании связующего и остаточной пористости ЩМА. Интересно то что, несмотря на данные Германией и США рекомендации по показателям представленным в таблице 2, некоторые европейцы продолжали работать и устанавливать стандарты для каждого состава. Это содержимое показано в Таблице 3. В частности, даны градации с номинальным максимальным размером заполнителя в диапазоне от 4 мм до 22 мм. По методу Маршалла порядок уплотнения и количество выстрелов должны быть 50. Остаточная пористость между образцами рекомендуется от 2,0 до 6,0 %. Однако метод испытания не был включен в предлагаемый стандартный подход. Однако были включены некоторые виды испытаний, в том числе глубины колеи.

В США методика проектирования смеси ЩМА проводилась исходя из состава европейских стран в первоначальных проектах. Тем не менее, большинство этих проектов были успешными и вызвали большой интерес и потребность в этом типе соединения ЩМА. В 1995 году Национальный центр асфальтовых технологий (NCAT) разработал примерный метод расчета состава смеси для ЩМА. В этом составе для ЩМА использовался номинальный максимальный размер заполнителя 19 мм. В 1996 г. были выпущены дополнительные рекомендации по материалам, классификации, лабораторному уплотнению и соотношениям смешивания.

В наиболее обширной мировой практике ЩМА смеси с максимальным размером зерен щебня от 8 до 11 мм применялись как наиболее широко применяемые для кладки слоев разной толщины. В скандинавских странах смесь 16 на 22 мм. Численные показатели нормированных характеристик ЩМА приведены в таблице Маршалла 4.

Помимо содержания зерна, следует нормировать количество битума и стабилизирующих добавок. Для оценки измерительных возможностей ЩМА был разработан специальный метод испытаний для очистки вяжущих. Используется при подборе эффективных стабилизирующих добавок, а также в составе смесей. В доработанном виде этот метод рекомендуется для контроля и контроля качества смеси, производимой в российских условиях.

### Сведения об особенностях ЩМА в зарубежные периоды

Таблица 2

Страны	Соединение ЩМА, самый большой размер заполнителя, mm	Метод уплотнения	Минимальное количество вяжущего, %	Остаточная пористость, %	Пористость минеральных частиц, %	Методы испытаний
Чехия	8, 11	Маршалл	6,5-7,0(7,2)	3,0-4,5	Не указан	MS, NAT
Дания	8, 11, 16	Маршалл	Не указан	1,5-4,0	Не менее 16,0	Не указан
Франция	6, 10	Не указан	Не менее 5,6	Не указан	Не указан	CIR, FR, CM, F
Германия	5, 8, 11	Маршалл	Не менее 7,2, 7,0, 6,5	2,0 или 3,0-4,0	Не указан	Не указан
Венгрия	8, 12	Маршалл	5,7-7,0	2,5, 3,5-4,0	Не указан	LCPC, DC
Италия	10, 15	Маршалл	5,5-7,0	1,0-4,0	Не указан	MS, ITS, IT
Нидерланды	6, 8, 11	Маршалл	7,4, 6,9, 6,5	4,0	Не указан	Не указан
Норвегия	11, 16	Маршалл	6,3, 6,0	1,5, 2,5	Не указан	MS, S
Португалия	9,5, 12,5	Маршалл	Не менее 5,0	3-5 или 6	Не указан	Не указан
Швеция	8, 11, 16, 22	Маршалл	Не менее 5,9, 5,7, 5,5	2,0-5,4	Не указан	Не указан
Великобритания	10, 14	Не указан	Не указан	Не указан	Не указан	Не указан
Россия	10, 15, 20	Маршалл и Пресс	5,0-7,0	2,0-4,5	15,0-19,0	ГОСТ и ГОСТ Р
Казахстан	10(8), 15(11), 20(16), 30(22)	Маршалл и Пресс	5,0-7,0	2,0-4,5	15,0-19,0	ГОСТ и СТ РК
<b>Примечания:</b> MS (Marshall Stability) - стабильность по Маршаллу; NAT (Nottingham Asphalt Tester) - Ноттингемский тестер асфальта; CM (Complex Modulus) – Комплексный модуль; CIR (Коэффициент сжатия/погружения) Коэффициент сжатия/погружения; F(Fatigue) – французский метод испытаний FACIT; FR (French Rut Tester) – тест на французскую колею; LCPC (Wheel tracking) — отслеживание колес; DC (Dynamic Creep) – динамическое смещение; ITS (Indirect Tensile Stiffness) – жесткость на не прямое растяжение; IT (Indentation Test) - Тест на вдавливание; S (жесткость) - твердость.						

## Европейский стандарт для смеси ЦМА

Таблица 3

Размер сита, mm	Смесь ЦМА, гранулированный состав, %									
	D4	D6 (1)	D6 (2)	D8	D10	D11	D14	D16	D20	D22
31.5									100	100
22.4								100		90 – 100
20.0							100		90 – 100	
16.0						100		90 – 100		60 – 80
14.0					100		90 – 100		60 – 80	
11.2				100		90 – 100		45 – 75		35 – 60
10.0			100		90 – 100		50 – 75		35 – 60	
8.0		100		90 – 100		45 – 75		25 – 40		25 – 40
6.3			90 – 100		30 – 50		20 – 35		20 – 35	
5.6	100	90 – 100								
4.0	90 – 100			25 – 45		25 – 40		20 – 35		20 – 35
2.0	30 – 40	30 – 40	25 – 35	20 – 30	20 – 30	20 – 30	15 – 30	15 – 30	15 – 30	15 – 30
0.063	8 – 12									
Диапазон состава связующего, %	7.0 – 8.0	6.5 – 7.5	6.5 – 7.5	6.0 – 7.0	6.0 – 7.0	6.0 – 7.0	5.8 – 6.8	5.8 – 6.8	5.7 – 7.2	5.7 – 7.2
Добавки, %	0.3 – 1.5									

## Требования к показателям характеристик ЦМА по Маршаллу

Таблица 4

Показателя Маршалла	Индонезия	Норвегия	Чехия	Италия
Прочность при 60 °С, kg, не менее	800	600 (450)	600	1300
Жидкость, mm	2 - 4	1,5-4,0 (4,6)	3,0-4,5	-
Твердость, kN/mm	1,9 - 3,0	1,6 (2,3)	-	не менее 2,0

Несмотря на общие тенденции в распределении показателей характеристик, некоторые страны отвечают требованиям стабильности своих национальных слоев. Испытание ЦМА для измерения серий колесных нагрузок, а также экспериментальный метод на сжатие путем установки цилиндрических образцов. Иногда механические свойства ЦМА вообще не нормируются.

В то же время во Франции, кроме сопротивления введены требования по комплексному модулю упругости (не менее 5400 МПа), коэффициенту уплотнения (не менее 0,8). В большинстве стран мира, в отличие от традиционных асфальтобетонов, не предъявляются требования к коэффициенту уплотнения ЦМА. В этом случае его остаточную пористость определяют путем приготовления смеси из образцов, отобранных из смеси и покрытия. В некоторых странах степень распределения определяют по плотности образцов Маршалла, образованных путем смешивания частиц, по сравнению с плотностью слоев. Минимальная степень коэффициент уплотнения покрытия ЦМА в Венгрии, Германии, Италии, Корее и Индонезии равна 0,97, а в Испании - 0,98.

Проведен ряд исследований в странах СНГ, России, Белоруссии, Казахстана и других стран по разработке ЦМА смеси и ее применению на автомобильных дорогах. В частности, в последние 10 лет в Республике Казахстан на автомобильных и центральных городских улицах широко применяются ЦМА и полимерные ЦМА смеси. Щебеночной-мастичный асфальтобетонные смеси марок ЦМА-15 и ЦМА-20 мм широко используются в жарких климатических районах этого

региона. Также, в связи с наличием в Казахстане холодных регионов, используется смесь полимер-ЩМА.

Помимо асфальтобетона в России из стран СНГ на основе европейского стандарта производятся и находят все более широкое применение полимерасфальтобетон, сероасфальтобетон, асфальтобетон с резиновым порошком, ЩМА и полимер-ЩМА на автомобильных дорогах с высокой плотностью перевозок генеральных грузов. Асфальтобетонная смесь укладывается на автомобильные дороги второго уровня – внутрихозяйственные дороги по ГОСТ 9128-2013. Согласно законодательству Российской Федерации в области стандартизации срок действия стандартов ГОСТ 9128-2013 и ГОСТ 22245-90 заканчивается 1 июня 2023 года. Это позволяет более широко использовать смесь ЩМА. Благодаря трещиностойкости и морозостойкости ЩМА, а также глубине колеи несколько меньшей, чем у асфальтобетона, и является экономически эффективным покрытием, возможности его применения увеличиваются. Удобство ЩМА обусловлено его уникальными транспортно-эксплуатационными показателями, в том числе комфортными и надежными качествами стойкостью к внешним воздействиям, устойчивостью слоя и долговечностью. Поэтому в России ЩМА и ее виды прокладывают на трассах М-4, М-1, Москва-Санкт-Петербург и других крупных автомобильных дорогах с покрытиями ЩМА.

Во всем мире в том числе и в Узбекистане в перспективе, в условиях сухо-жаркого климата, одним из важных направлений является увеличение срока службы дорожной одежды за счет применения тонкослойных (3,0...5,0 см) асфальтобетонных покрытий.

В странах Центральной Азии - Казахстане, Таджикистане и в Киргизии - ведется большая работа по широкому применению смесей ЩМА и разработке, методам и методикам ее составления. Однако до сегодняшнего дня не проводились исследования и изыскания по разработке ЩМА и их внедрению в условиях Узбекистана. В течение 2018-2022 годов на нескольких автомобильных дорогах и строительных площадках УП «Автомобильный научно-исследовательский институт» были уложены и испытаны смеси ЩМА. В последние годы в дорожно-климатических районах Узбекистана, в условиях сухо-жаркого климата, из наблюдаемых технических показателей наблюдаются такие дефекты, как продольные неровности (колеи), резкое снижение коэффициента сцепления и прочности дорожной одежды на автомагистралях и аэродромах. Этих дефектов можно было бы избежать путем укладки смесей ЩМА.

### **Библиография:**

1. Spliltmastixasphalt/Dr. Ing. K.H. Kolb, die I lerren H. Erhard, F. Hoggenmuller, O. Kast und andere; LEITFADEN. Deutscher Asphaltverband (DAY). - 2000. – 27v.
2. Design and performance of stone mastic asphalt in Singapore conditions.-2007. Nanyang Technological University.